

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit yang dihasilkan dari pencampuran bahan-bahan agregat halus, agregat kasar, air, semen atau bahan lain yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Campuran bahan-bahan yang membentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Eveline, Kumaat dan Windah, 2015).

Kualitas beton dapat ditentukan dengan memilih bahan yang berkualitas, menghitung perbandingan yang sesuai, melaksanakan proses kerja dengan cermat, serta melakukan pemeliharaan yang baik, serta memilih bahan tambahan dengan jumlah yang optimal. Komponen dasar pembentuk beton melibatkan semen, agregat, air, dan seringkali bahan tambahan atau pengisi (Usman, 2022).

Menurut Pane, Tanudjaja dan Windah (2015) Beton memiliki beberapa keunggulan dan dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, seperti (Pane, Tanudjaja dan Windah, 2015) :

1. Faktor ekonomis adalah aspek yang sangat penting yang mencakup berbagai pertimbangan seperti material, kemudahan pelaksanaan, durasi konstruksi, perawatan struktur, *fleksibilitas*, dan lain sebagainya.

2. Harganya dapat menjadi terjangkau jika bahan dasar lokal tersedia dalam jumlah yang cukup.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut dan dicetak. Cetakan juga dapat digunakan kembali beberapa kali, sehingga secara ekonomis lebih efisien.
4. Kuat tekan beton yang tinggi memungkinkan penggunaannya dalam kombinasi dengan baja tulangan yang memiliki kekuatan tarik tinggi. Hal ini membuatnya cocok untuk digunakan dalam konstruksi struktur yang memerlukan kekuatan yang signifikan.
5. Beton segar dapat disemprotkan ke permukaan beton lama yang retak atau dimasukkan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
6. Beton segar dapat dipompa, sehingga memungkinkan untuk dituangkan pada lokasi yang sulit dijangkau.
7. Beton memiliki kemampuan untuk menahan pengaruh temperatur tinggi yang dapat timbul, seperti yang terjadi dalam peristiwa kebakaran.
8. Beton memiliki tingkat kekakuan yang tinggi.
9. Biaya perawatan yang ekonomis.
10. Material beton mudah didapatkan.

Menurut Pane, Tanudjaja dan Windah (2015) Selain memiliki beberapa keunggulan, beton juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain (Pane, Tanudjaja dan Windah., 2015) :

1. Kekurangan beton adalah memiliki kekuatan tarik yang rendah, sehingga cenderung mudah mengalami retak.

2. Beton sulit untuk mencapai kedap air yang sempurna, sehingga dapat memungkinkan air masuk ke dalamnya terutama jika air tersebut mengandung garam, yang dapat merusak beton.
3. Beton secara alami bersifat rapuh (tidak daktail), sehingga perlu diperhitungkan dan didetail dengan seksama, terutama ketika dikombinasikan dengan baja tulangan untuk membuatnya lebih daktail, khususnya dalam konteks struktur tahan gempa.
4. Diperlukan biaya tambahan untuk pembuatan bekisting dan perancah (dalam kasus beton yang dicor di tempat).

Karakteristik beton yang baik menurut Pane, Tanudjaja dan Windah (2015) dapat diuraikan sebagai berikut (Pane, Tanudjaja dan Windah., 2015) :

1. Kuantitas Beton
 - a. Kepadatan, mengacu pada usaha untuk memastikan bahwa ruang yang ada dalam beton diisi seefisien mungkin oleh agregat dan pasta semen, sehingga mencapai tingkat kepadatan yang optimal.
 - b. Kekuatan, kemampuan beton untuk memiliki daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan atau tekanan yang mungkin terjadi. Ini mencakup ketahanan terhadap tekanan, tarikan, geser, dan berbagai gaya eksternal lainnya.
 - c. Faktor air-semen harus terkendali dengan baik agar memenuhi persyaratan kekuatan beton.
 - d. Permukaan beton harus memiliki tekstur yang padat dan keras, yang tahan terhadap pengaruh cuaca.

2. Kualitas Beton
 - a. Kualitas semen.
 - b. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya.
 - c. Kekuatan dan kebersihan agregat.
 - d. Pengikatan atau hubungan antara pasta semen dan agregat.
 - e. Pencampuran yang memadai dari komponen pembentuk beton.
 - f. Perawatan pada suhu minimal 10°C
 - g. Kandungan klorida tidak boleh melebihi 0,15% dalam beton yang terpapar dan 1% dalam beton yang terlindung.

2.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton merupakan hal yang sangat penting dalam menciptakan beton berkualitas tinggi. Kualitas beton yang baik dapat dinilai melalui sejumlah indikator, seperti proporsi waktu pengerjaan, ketahanan terhadap suhu lingkungan, dan kekuatan tekanannya (Sayfullah, Bahar, Mirna dan Susanto., 2022).

2.2.1 Semen *Portland*

Semen portland komposit dalam SNI 2049 tahun 2015 merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium Silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium Sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Dalam SNI 2049 tahun 2015 berdasarkan jenis dan penggunaannya semen *Portland* dibagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut :

1. Jenis I yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan Ketahanan terhadap Sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan Ketahanan tinggi terhadap Sulfat.

Persyaratan mutu yang harus dipenuhi oleh semen portland diatur dalam SNI 2049 tahun 2015 yang akan diuraikan pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2** dibawah ini.

Tabel 2. 1 Syarat kimia utama semen *portland*

No	Uraian	Jenis Semen <i>Portland</i> (satuan dalam %)				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , Min	-	20,0	-	-	-
2	Al ₂ O ₃ , Maks	-	6,0	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃ , Maks	-	6,0	-	6,5	-
4	MgO, Maks	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO ₃ , Maks Jika C ₃ A ≤ 8,0 Jika C ₃ A > 8,0	3,0 3,5	3,0	3,5 4,5	2,3	2,3
6	Hilang pijar, maks	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, Maks	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C ₃ S, Maks	-	-	-	35	-
9	C ₃ S, Min	-	-	-	40	-
10	C ₃ A, Maks	-	8,0	15	7	5
11	C ₄ AF + 2C ₃ A atau C ₄ AF + C ₂ F, Maks	-	-	-	-	25

Sumber : SNI 2049-2015

Tabel 2. 2 Syarat fisika utama semen *portland*

No	Uraian	Jenis Semen <i>Portland</i>				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan: Uji permeabilitas udara, m ² /kg Dengan alat:					
	- <i>Turbidimeter</i> , min - <i>Blaine</i> , min	160 280	160 280	160 280	160 280	160 280
2	Kekekalan: Pemuaiian dengan <i>autoclave</i> , maks %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3	Kuat tekan:					
	- Umur 1 hari kg/cm ² ,min	-	-	120	-	-
	- Umur 3 hari kg/cm ² ,min	135	100	240	-	80
	- Umur 7 hari kg/cm ² ,min	215	70	-	70	150
	- Umur 28 hari kg/cm ² ,min	300	175	-	170	210
4	Waktu pengikat (metode alternatif) dengan alat:					
	a. <i>Gillmore</i>					
	- Awal, menit, minimal	60	60	60	60	60
	- Akhir, menit, maks	600	600	600	600	600
	b. <i>Vicat</i>					
	- Awal, menit, min	45	45	45	45	45
	- Akhir, menit, maks	375	375	375	375	375

Sumber : SNI 7064-2022

2.2.2 Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil

dari saringan no.100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus (Pane, Tanudjaja dan Windah, 2015).

Menurut Khairil Yanuar (2014) agregat halus harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (Khairil Yanuar, 2014) :

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras, serta butirannya harus stabil dan tidak rentan pecah atau hancur akibat pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
2. Kandungan lumpur dalam agregat halus tidak boleh melebihi 5 persen dari berat keringnya. Lumpur diartikan sebagai bagian-bagian yang dapat melewati ayakan dengan ukuran 0,063 mm. Jika kadar lumpur melebihi 5 persen, agregat halus harus menjalani proses pencucian.
3. Kandungan bahan-bahan organik dalam agregat halus harus tetap pada tingkat yang dapat diterima, yang dapat diuji dengan menggunakan percobaan warna *Abrams-Harder* dengan larutan NaOH. Agregat halus yang tidak memenuhi tes warna ini masih dapat digunakan, selama kekuatan tekan dari campuran agregat yang sama pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 persen dari kekuatan campuran agregat yang telah dicuci dengan larutan 3 persen NaOH dan kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama.
4. Agregat halus harus terdiri dari butiran dengan beragam ukuran dan ketika diayak dengan susunan ayakan yang telah ditentukan, harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Khairil Yanuar, 2014) :
 - a. Sisa yang tersisa di atas ayakan 4 mm minimum 2 persen dari berat total.
 - b. Sisa yang tersisa di atas ayakan 1 mm minimum 10 persen dari berat total.

- c. Sisa yang tersisa di atas ayakan 0,25 mm harus berada dalam kisaran antara 80 persen dan 95 persen dari berat total.

Berdasarkan SNI-03-2834-2000 Pasir dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok berdasarkan tingkat gradasinya, yaitu daerah gradasi I (pasir kasar), daerah gradasi II (pasir agak kasar), daerah gradasi III (pasir agak halus), daerah gradasi IV (pasir halus) berikut dijelaskan dalam **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Batas gradasi agregat halus

Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
9,5	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	No.8	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	No.16	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	No.30	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	No.50	5 - 200	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,25	No.100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : SNI-03-2834-2000

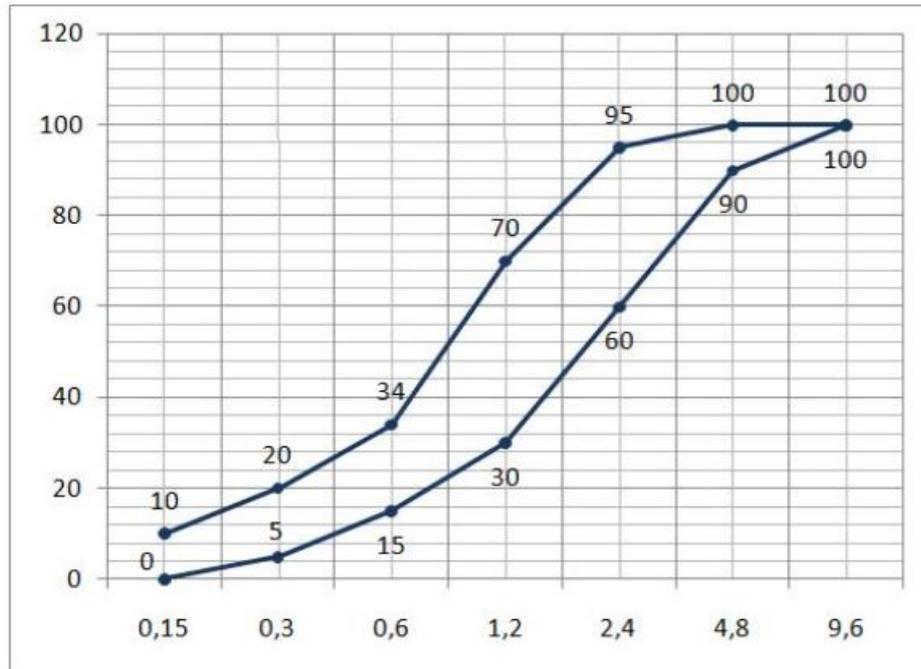
Keterangan : - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar

- Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar

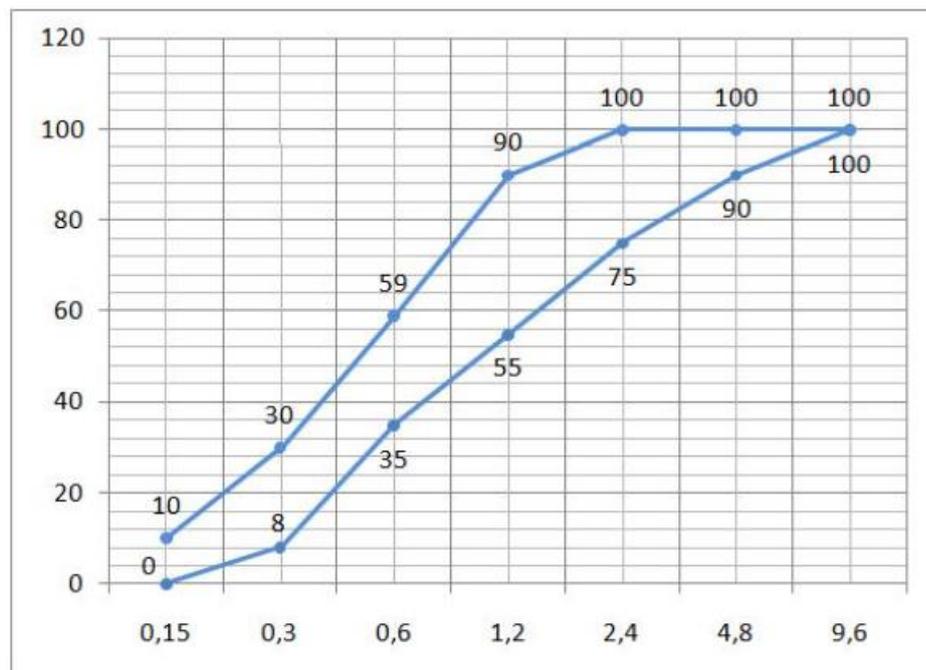
- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus

- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus

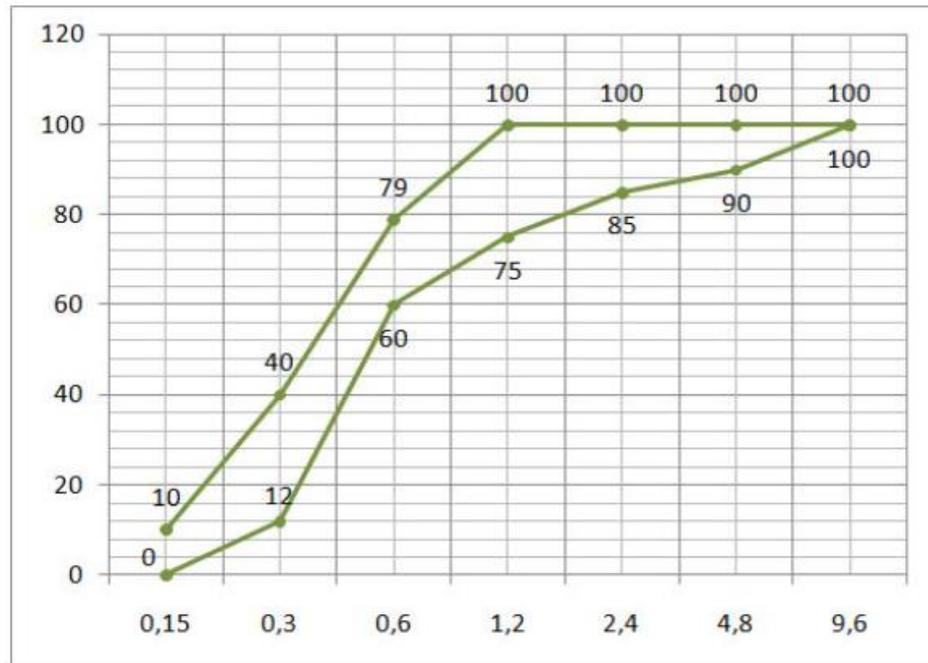
Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada gambar 2.1, 2.2, 2.3 dan 2.4 berikut :



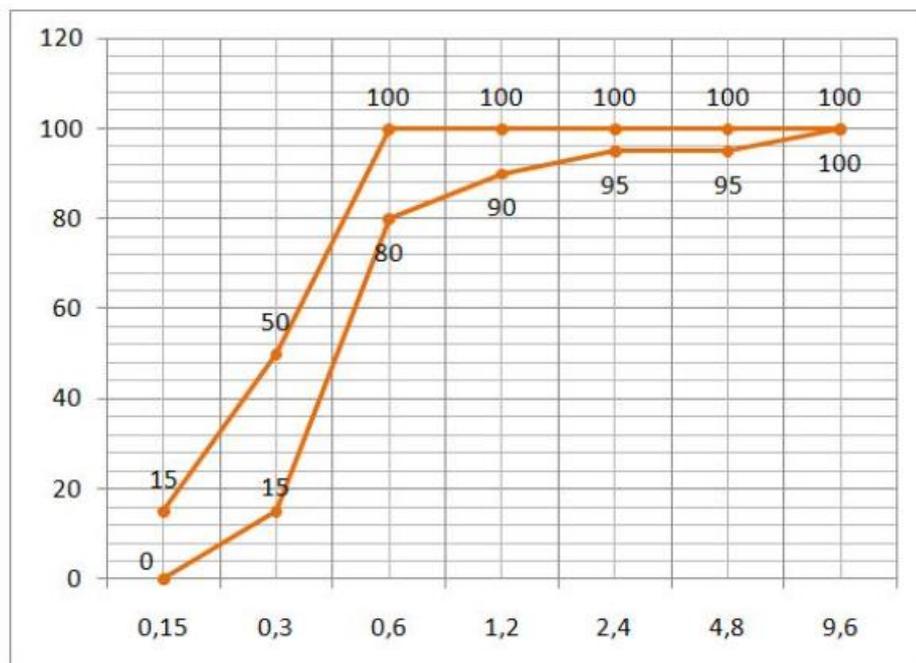
Gambar 2. 1 Daerah gradasi pasir kasar
(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar 2. 2 Daerah gradasi pasir kasar
(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar 2. 3 Daerah gradasi pasir halus
(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar 2. 4 Daerah gradasi pasir halus
(Sumber : SNI-03-2834-2000)

Pemeriksaan agregat halus dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Teknokrat Indonesia, Adapun pemeriksaan meliputi :

1. Pemeriksaan kadar air agregat halus.
2. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus.
3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
4. Pemeriksaan volume agregat halus.
5. Analisa saringan.

2.2.3 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000, adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000). Kualitas campuran beton sangat dipengaruhi oleh karakteristik agregat. Untuk menciptakan beton dengan kekuatan yang sesuai dengan yang diinginkan, kita perlu memahami dan mempelajari karakteristik ini agar dapat mengambil langkah-langkah yang efektif dalam mengatasi potensi masalah yang mungkin muncul.

Adapun karakteristik agregat kasar menurut (Simanjuntak Johan Oberlyn *et al*, 2021) harus memenuhi syarat-syarat berikut ini :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang memiliki butiran pipih hanya dapat digunakan jika jumlah butiran pipihnya tidak melebihi 20% dari berat total agregat
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat keringnya. Jika melebihi persentase tersebut, maka harus menjalani proses pencucian.

3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
4. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam yang berasal dari batu pecah.
5. Agregat kasar harus melewati uji kekerasan menggunakan bejana pengujian *Rudeloff* dengan beban uji sebesar 20 ton.
6. Kandungan bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga, tidak boleh melebihi 5%.
7. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk agregat kasar harus berada dalam kisaran 6 hingga 7,5 pada distribusi ukuran butirnya.

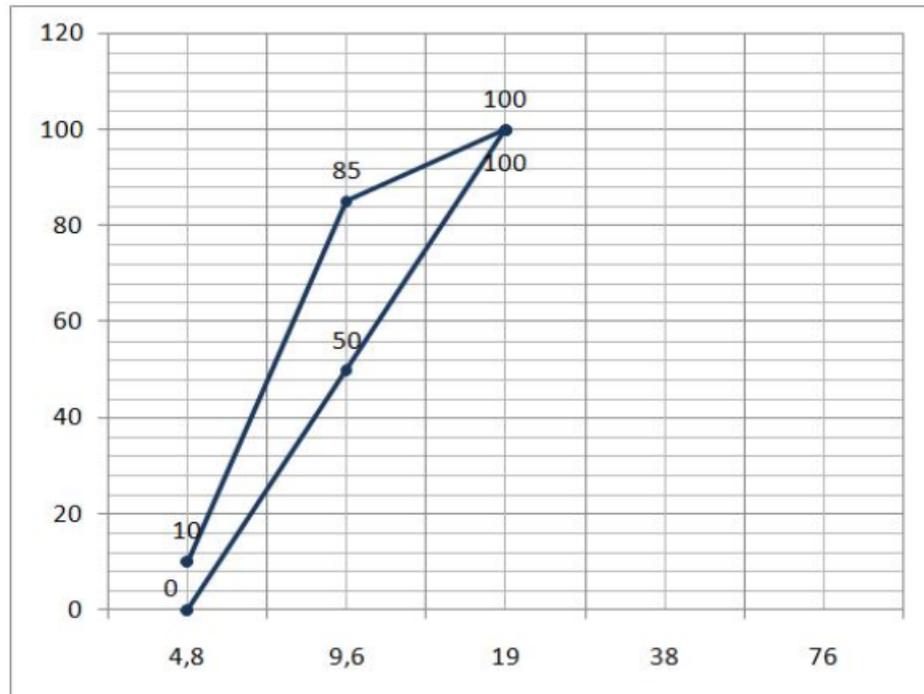
Berdasarkan SNI 03-2834-2000, Batas gradasi agregat kasar dengan diameter maksimum 40,0 mm dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut.

Tabel 2. 4 Gradasi agregat kasar

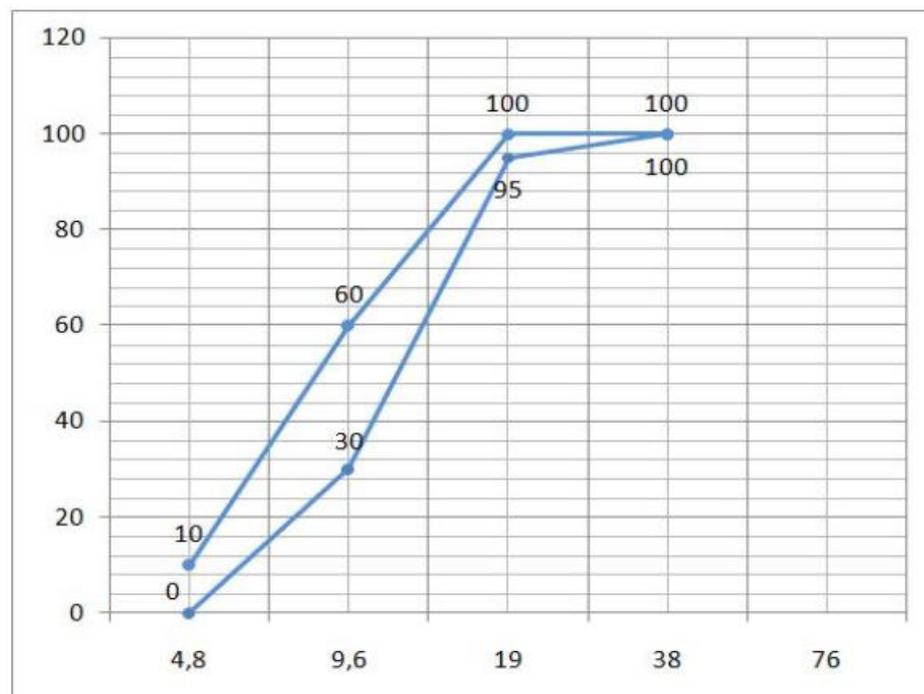
Ukuran Ayakan (mm)	No.	Persen lolos saringan/ayakan		
		Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75	3 in	-	-	100 – 100
37,5	1½ in	-	100 - 100	95 – 100
19,0	¾ in	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,5	⅜ in	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,75	No.4	0 - 10	0 – 10	0 - 5

Sumber : SNI-03-2834-2000

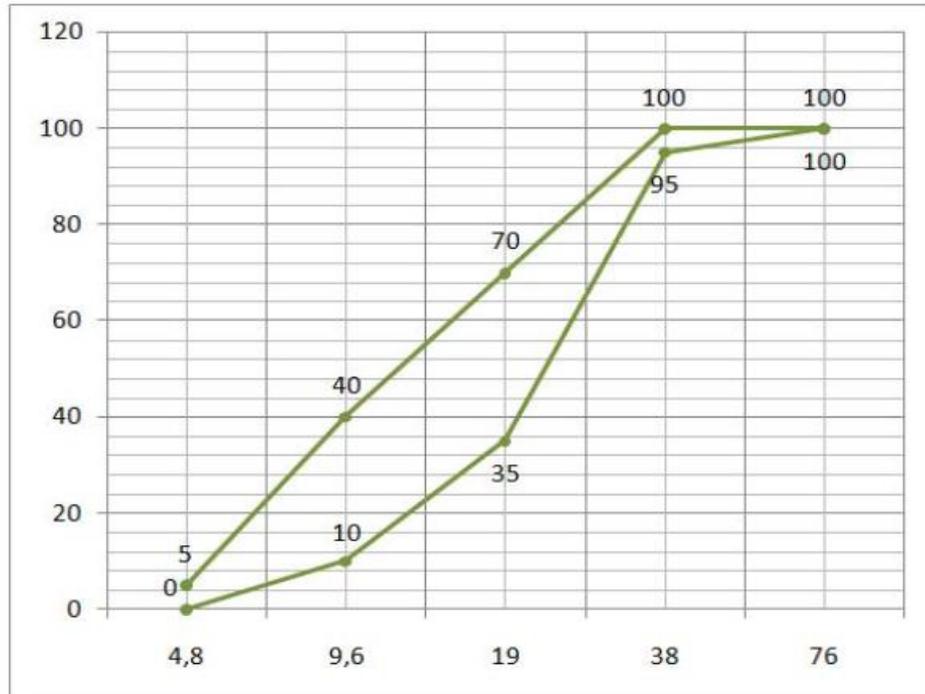
Batas gradasi agregat kasar dapat dilihat pada gambar 2.5, 2.6 dan 2.7 berikut:



Gambar 2. 5 Batas gradasi agregat kasar maksimum 10 mm
(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar 2. 6 Batas gradasi agregat kasar maksimum 20 mm
(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar 2. 7 Batas gradasi agregat kasar maksimum 40 mm
(Sumber : SNI-03-2834-2000)

Pemeriksaan agregat kasar dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Teknokrat Indonesia, Adapun pemeriksaan meliputi :

1. Pemeriksaan kadar air agregat kasar.
2. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar.
3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
4. Pemeriksaan volume agregat kasar.
5. Analisa saringan.
6. Keausan agregat kasar.

2.2.4 Air

Air merupakan bahan dasar dalam produksi beton yang memiliki biaya paling ekonomis. Peran utama air dalam beton adalah untuk memungkinkan reaksi semen dan sebagai agen pelumas antara butiran-butiran agregat. Untuk memfasilitasi reaksi semen, sekitar 25-30 persen dari berat semen biasanya cukup untuk

penggunaan air. Namun, dalam praktiknya, ketika faktor air-semen (rasio berat air dibagi berat semen) turun di bawah 0,35, pencampuran beton menjadi sulit, oleh karena itu biasanya faktor air-semen lebih besar dari 0,40, yang mengakibatkan kelebihan air yang tidak berkontribusi pada reaksi dengan semen. (Usman, 2022). Berdasarkan SNI-03- 2847-2002 air yang digunakan untuk campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak dapat digunakan pada beton kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber air yang sama.
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada benda uji yang dibuat dengan adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

2.3 Tahap Pemeriksaan Material Beton

Pemeriksaan material beton adalah proses yang penting dalam konstruksi untuk memastikan bahwa beton memenuhi standar dan spesifikasi yang diperlukan. Berikut adalah tahap-tahap umum yang terlibat dalam pemeriksaan material beton

2.3.1 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus/Pasir

Proses pemeriksaan ini melibatkan pengambilan sampel agregat halus, pengeringan, penimbangan, dan perhitungan persentase kadar air, dan hasilnya digunakan dalam perencanaan campuran beton. Prosedur pemeriksaan kadar air agregat halus/pasir mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1970:2011. Perhitungan kadar air agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$\text{Kadar air} = \frac{W1-W2}{W2} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

W1 = Massa benda uji (gram).

W2 = Massa benda uji kering *oven* (gram).

2.3.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus/Pasir

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus/pasir adalah proses pengukuran atau pengujian untuk menentukan persentase kadar lumpur atau material berbutir halus lainnya yang terkandung dalam agregat halus. Kadar lumpur adalah persentase dari berat total agregat halus yang merupakan material berbutir halus. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk memastikan bahwa agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton memiliki kadar lumpur yang sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Prosedur pemeriksaan kadar lumpur agregat halus/pasir mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI ASTM C117:2012. Perhitungan kadar lumpur agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(B-C)}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

B = Massa kering awal benda uji (gram)

C = Massa kering benda uji setelah pencucian (gram)

2.3.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus/Pasir

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat halus/pasir yang akan digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton. Prosedur pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus/pasir mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1970:2016. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.3, 2.4, 2.5 dan 2.6.

1. Berat jenis curah

$$S_d = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots(2.3)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan

$$S_s = \frac{S}{(B+S-C)} \dots\dots\dots(2.4)$$

3. Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots(2.5)$$

4. Penyerapan air

$$A_w = \frac{S-A}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering *oven* (gram)

B = Berat *piknometer* berisi air (gram)

C = Berat *piknometer* dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S = Benda uji kondisi jenuh permukaan (gram)

2.3.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus/Pasir

Perhitungan berat volume agregat didasarkan pada berat agregat halus/pasir kering, yang diukur setelah agregat halus/pasir dikeringkan dengan *oven* untuk menghilangkan kadar air yang ada. Perhitungan berat volume agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.7

$$\text{Berat volume/isi agregat} = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

W1 = Berat Bejana

W2 = Berat Bejana berisi benda uji

W3 = Berat benda uji (W2-W1)

V = Volume/isi benda uji

2.3.5 Analisa Saringan Agregat Halus/Pasir

Analisis saringan agregat adalah suatu metode pengujian yang digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel dalam agregat halus. Tujuan dari analisis saringan ini adalah untuk memahami komposisi agregat dan menentukan proporsi agregat dengan ukuran butir yang berbeda dalam sampel. Prosedur Analisa saringan agregat halus/pasir mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI ASTM C136:2012. Perhitungan analisa saringan agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.8.

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\% \text{komulatif tertahan}}{100} \dots\dots\dots(2.8)$$

2.3.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar/Kerikil

Proses pemeriksaan ini melibatkan pengambilan sampel agregat kasar, pengeringan, penimbangan, dan perhitungan persentase kadar air, dan hasilnya digunakan dalam perencanaan campuran beton. Prosedur pemeriksaan kadar air

agregat kasar/kerikil mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1970:2011.

Perhitungan kadar air agregat halus/pasir dapat dilihat pada persamaan 2.9.

$$\text{Kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

W1 = Massa benda uji (gram).

W2 = Massa benda uji kering *oven* (gram).

2.3.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar/Kerikil

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar/kerikil adalah proses pengukuran atau pengujian untuk menentukan persentase kadar lumpur atau material berbutir halus lainnya yang terkandung dalam agregat kasar/kerikil. Kadar lumpur adalah persentase dari berat total agregat kasar yang merupakan material berbutir halus. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk memastikan bahwa agregat kasar/kerikil yang akan digunakan dalam campuran beton memiliki kadar lumpur yang sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Prosedur pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar/kerikil mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI ASTM C117:2012. Perhitungan kadar lumpur agregat kasar/kerikil dapat dilihat pada persamaan 2.10.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(B-C)}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

B = Massa kering awal benda uji (gram)

C = Massa kering benda uji setelah pencucian (gram)

2.3.8 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Kasar/Kerikil

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar/kerikil yang akan digunakan sebagai campuran dalam pembuatan

beton. Prosedur pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar/kerikil mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1969:2016. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar/kerikil dapat dilihat pada persamaan 2.11, 2.12, 2.13 dan 2.14.

1. Berat jenis curah

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.11)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan

$$S_s = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.12)$$

3. Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(2.13)$$

4. Penyerapan air

$$A_w = \frac{B-A}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering *oven* (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan diudara (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

2.3.9 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar/Kerikil

Perhitungan berat volume agregat didasarkan pada berat agregat kasar/kerikil kering, yang diukur setelah agregat halus/pasir dikeringkan dengan *oven* untuk menghilangkan kadar air yang ada. Perhitungan berat volume agregat kerikil dapat dilihat pada persamaan 2.15

$$\text{Berat volume/isi agregat} = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

W1 = Berat Bejana

W2 = Berat Bejana berisi benda uji

W3 = Berat benda uji (W2-W1)

V = Volume/isi benda uji

2.3.10 Analisa Saringan Agregat Kasar/Kerikil

Analisis saringan agregat adalah suatu metode pengujian yang digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel dalam agregat kasar. Tujuan dari analisis saringan ini adalah untuk memahami komposisi agregat dan menentukan proporsi agregat dengan ukuran butir yang berbeda dalam sampel. Prosedur Analisa saringan agregat kasar mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI ASTM C136:2012. Perhitungan analisa saringan agregat kasar/kerikil dapat dilihat pada persamaan 2.16.

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\% \text{komulatif tertahan}}{100} \dots\dots\dots(2.16)$$

2.3.11 Analisa Keausan Agregat Kasar/Kerikil Dengan Mesin Los Angeles

Analisis keausan agregat kasar atau kerikil dengan mesin *Los Angeles* adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan agregat kasar terhadap *abrasi* atau keausan. Prosedur Analisa keausan agregat kasar/kerikil mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 2417:2008. Perhitungan Analisa keausan agregat kasar/kerikil dapat dilihat pada persamaan 2.17.

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan saringan No.12/1,70 mm (gram)

2.3.12 Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Pemeriksaan berat jenis semen adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk menentukan berat jenis atau densitas semen. Berat jenis adalah perbandingan antara berat semen dan volume yang ditempati oleh semen tersebut. Prosedur pemeriksaan berat jenis semen mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 15-2531-2015. Perhitungan pemeriksaan berat jenis semen dapat dilihat pada persamaan 2.18.

$$\text{Berat jenis semen} = \frac{B}{(V_2 - V_1)} \dots \dots \dots (2.18)$$

B = Berat benda uji (gram)

V1 = Volume awal (ml)

V2 = Volume akhir (ml)

2.3.13 Pemeriksaan Waktu Pengikat Semen

Waktu pengikat semen adalah waktu yang diperlukan oleh semen untuk mencapai tahap-tahap pengikatan tertentu setelah pencampuran dengan air. Pengikatan semen adalah proses kimia yang terjadi saat semen bereaksi dengan air, membentuk pasta yang mengeras dan menguat seiring waktu. Prosedur pemeriksaan waktu pengikat semen mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 15-2049-2004.

2.4 *Mix Design* Beton

Mix design beton adalah proses penentuan komposisi campuran beton yang optimal untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan dalam beton, seperti kekuatan, ketahanan. Proses desain campuran ini melibatkan pemilihan proporsi yang tepat dari bahan-bahan komponen beton, termasuk semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambahan lainnya. Prosedur *mix design* beton mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 7656:2012.

2.5 *Slump Test*

Slump test adalah ukuran tinggi adukan dalam kerucut terpancung dibandingkan dengan tinggi adukan setelah cetakan diangkat. *Slump Test* digunakan sebagai parameter untuk mengetahui sejauh mana adukan beton dapat dibentuk dengan mudah. Semakin tinggi nilai slump, semakin mudah adukan tersebut untuk dikerjakan (tingkat *workability* yang tinggi) (Van Gobel, 2019).

Apabila tidak terjadi keruntuhan atau runtuh, maka nilai *slump test* merupakan indikasi tingkat kelembutan (*softness*) daripada kekakuan (*stiffness*) campuran tersebut. Keruntuhan (*collapse*) sering terjadi pada campuran beton yang memiliki sedikit pasir (*lean*), menunjukkan rendahnya kohesi dan kemampuan beton segar untuk mengalami deformasi plastis. Pengujian slump bermanfaat untuk mendeteksi perubahan dalam kadar air apabila material dan gradasi agregat seragam. Jika jumlah air konstan, maka pengujian slump dapat mengindikasikan perbedaan dalam gradasi atau perbandingan berat yang salah (Van Gobel, 2019). Prosedur uji *slump test* mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1972-2008.

2.6 Perawatan Beton

Hidrasi pada semen terjadi ketika air dicampurkan ke dalam campuran beton, dan kondisi ini harus dipertahankan agar reaksi hidrasi kimiawi berlangsung dengan sempurna. Kehilangan kelembaban dapat menyebabkan kekeringan beton dan menyebabkan retakan pada permukaannya, yang akan mengurangi kekuatan beton dan menghambat reaksi kimiawi yang diperlukan (Rahmat Hidayat, 2017). Menurut (Rahmat Hidayat, 2017) untuk menjaga kelembaban dan suhu beton dalam proses perawatan agar menghasilkan beton yang kuat dan tahan lama dapat digunakan metode dibawah ini antara lain sebagai berikut :

1. *Water (Standart Curing)*

Beton direndam dalam air selama periode yang diperlukan untuk penggunaannya.

2. *Exposed Atmosfer*

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dibiarkan terbuka dalam lingkungan suhu ruangan.

3. *Sealed atau Wrapping*

Permukaan beton dibungkus dan dilindungi dari kehilangan kelembaban dengan menggunakan bahan seperti karung basah.

4. *Steam Curing (perawatan uap)*

Metode perawatan ini sering digunakan untuk beton yang diproduksi di pabrik. Beton diperlakukan dengan uap pada suhu tertentu, biasanya berkisar antara 80 hingga 150°C, dengan tekanan udara sekitar 76 mm/Hg selama periode tertentu, seringkali 24 jam.

5. *Autoclave*

Beton dikenakan tekanan tinggi dalam ruang tertutup untuk mencapai mutu beton yang tinggi.

2.7 Pengujian Kuat Tekan Beton

kuat tekan beton adalah besar beban persatuan luas yang menyebabkan beton hancur ketika dikenai tekanan tertentu oleh peralatan pengujian. Kekuatan tekan beton adalah parameter paling penting dalam menilai mutu beton dibandingkan dengan sifat-sifat lainnya. Faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan tekan beton termasuk komposisi semen, agregat kasar dan halus, air, serta variasi campuran (Dady, 2015).

Pengujian kuat tekan beton mengikuti pedoman yang diatur dalam SNI 1974:2011 dengan benda uji berbentuk *silinder* berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini akan dilakukan saat umur beton mencapai 28 hari dengan menggunakan alat uji CTM (*Compression Testing Machine*). Perhitungan uji kuat tekan beton dapat dilihat pada persamaan 2.19.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

P = gaya tekan aksial (N)

A = luas penampang melintang benda uji (mm²)

Menurut SNI 1974:2011 pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah ditetapkan sehingga diharapkan bahwa pada saat pengujian dilakukan, waktu yang dihabiskan tidak melebihi atau kurang dari batas waktu yang telah ditentukan, sebagaimana tercantum dalam **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Toleransi waktu uji kuat tekan

Umur Uji	Waktu Yang Diizinkan
12 jam	± 15 menit atau 2,1 %
24 jam	± 30 menit atau 2,1 %
3 hari	± 2 jam atau 2,8 %
7 hari	± 6 jam atau 3,6 %
28 hari	± 20 jam atau 3,0 %
90 hari	± 2 hari atau 2,2 %

Sumber SNI 1974:2011

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah studi yang telah dilaksanakan sebelumnya dan berfungsi sebagai referensi serta dasar teori dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Di bawah ini terdapat penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya :

1. (Rahmat Hidayat, 2017) dengan judul penelitian “Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Halus yang Berasal Dari beberapa Tempat Di Sumatera Utara”. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan karakteristik dari berbagai jenis agregat halus menjadi alasan mengapa kuat tekan beton dapat berbeda meskipun perencanaan kuat tekan yang sama. Agregat halus Binjai menunjukkan kuat tekan beton yang lebih tinggi dibandingkan dengan agregat halus yang berasal dari, Patumbak, Sunggal dan Langkat. Dengan kuat tekan yang didapat agregat halus binjai sebesar 39,26 MPa, Patumbak sebesar 36,30 MPa, Sunggal sebesar 36,00 MPa, Langkat sebesar 35,63 MPa.
2. (M. Rizky Wahyudi, 2022) dengan judul penelitian “Analisa Perbandingan Pasir Pantai Kasan Dengan Pasir Pantai Labu Terhadap Kuat Tekan Beton”. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beton yang menggunakan campuran agregat halus pasir pantai kasan pada umur 7 hari memiliki rata-rata kuat tekan sebesar 19,685 MPa. Pada umur 14 hari rata-rata kuat tekan beton mencapai 21,460 MPa. Sementara itu beton dengan campuran agregat halus pasir pantai labu pada umur 7 hari memiliki rata-rata kuat tekan sebesar 16,730 MPa. Pada umur 14 hari rata-rata kuat tekan beton mencapai 19,195 MPa.
3. (Imam, Lukman dan Artiningsih, 2023) dengan judul penelitian “Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Halus Pasir

Citarik (Sukabumi) Dan Pasir Jebrod (Cianjur)”. Berdasarkan hasil penelitian, Pada uji kuat tekan beton yang menggunakan pasir Citarik pada umur 7 hari kekuatan mencapai 4,191 MPa. Pada umur 14 hari kekuatan meningkat menjadi 5,833 MPa dan pada umur 28 hari mencapai 6,683 MPa. Sedangkan beton dengan pasir Jebrod pada umur 7 hari kekuatan mencapai 8,439 MPa. Pada umur 14 hari kekuatan meningkat menjadi 10,308 MPa dan pada umur 28 hari mencapai 11,101 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton dengan pasir Citarik meningkat sebesar 44,845% dari umur 7 hari ke umur 14 hari, dan sebesar 17,794% dari umur 14 hari ke umur 28 hari. sedangkan beton dengan pasir Jebrod mengalami peningkatan sebesar 33,067% dari umur 7 hari ke umur 14 hari dan hanya sebesar 4,409% dari umur 14 hari ke umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan pasir Jebrod memiliki mutu kuat tekan yang lebih tinggi yakni 1,57 kali lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan pasir Citarik pada umur 28 hari.

4. (Setiawan dan Subhan, 2022) dengan judul penelitian “Perbandingan Kuat Tekan Beton Antara Penggunaan Agregat Gunung Jebrod Dengan Agregat Sungai Cisokan”. Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dengan menggunakan agregat gunung Jebrod menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata adalah 20,96 MPa untuk f_c 22,5 MPa, 19,53 MPa untuk f_c 25 MPa dan 21,13 MPa untuk f_c 27,5 MPa. Sementara itu dengan penggunaan agregat sungai Cisokan kuat tekan rata-rata adalah 18,62 MPa untuk f_c 22,5 MPa, 19,08 MPa untuk f_c 25 MPa dan 16,07 MPa untuk f_c 27,5 MPa.

5. (Asmara, Suhendra dan Dwiretnani, 2021) dengan judul penelitian “Analisis Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Yang Menggunakan Pasir Sungai Batang Asai Dan Pasir Sungai Batanghari”. Berdasarkan hasil penelitian, Bahan yang digunakan dalam pembuatan beton terdiri dari agregat halus yang berasal dari Kabupaten Sarolangun Kecamatan Pelawan pada aliran sungai Batang Asai (Ps Ba) dan modulus kehalusan 2,732, serta agregat halus dari Desa Rengas Bandung Kabupaten Muaro Jambi pada aliran sungai Batanghari (Ps Bh) dan modulus kehalusan 2,63. Kedua sampel pasir ini termasuk dalam Tipe II (agak kasar). Agregat kasar berupa batu pecah diperoleh dari PT. Citra Beton, yang berasal dari Tungkal Ulu dengan modulus kehalusan 6,56. Hasil pengujian kotoran organik menunjukkan bahwa pasir dari Sungai Batang Asai memiliki sedikit kotoran organik (skor 1 pada *organic plate*), sedangkan pasir dari Sungai Batanghari memiliki kandungan kotoran organik yang lebih tinggi (skor 3 pada *organic plate*). Hasil uji kuat tekan pada kedua jenis benda uji hanya memenuhi standar f^c (20 MPa) dan tidak mencapai standar f^c (27 MPa). Nilai kuat tekan pada kedua sampel beton pada umur 28 hari relatif sama, yaitu Ps Ba sebesar 20,97 MPa dan Ps Bh sebesar 19,99 MPa. Kuat tarik belah pada kedua jenis benda uji masih berada dalam batas kuat tarik belah beton normal (9 – 15% dari kuat tekan). Kuat tarik belah beton Ps Bh lebih tinggi dibandingkan dengan beton Ps Ba.